Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 3, Fall 2022, p. 591-602

The Effect of Application of Vermi-compost and Plant Growth Promoting Bacteria (PGPR) on Yield, Vegetative Traits and Secondary Metabolites of Basil (*Ocimum basilicuum* L.)

S. Makhtoumi[1], Sh. Khoshbakht[2*], A.A. Nourinia[3]

Received: 07-06-2021
Revised: 11-10-2021
Accepted: 24-04-2022
Available Online: 25-11-2022

How to cite this article:
Makhtoumi, S., Khoshbakht, Sh., & Nourinia, A.A. (2022). The Effect of Application of Vermi-compost and Plant Growth Promoting Bacteria (PGPR) on Yield, Vegetative Traits and Secondary Metabolites of Basil (*Ocimum basilicuum* L.). *Journal of Horticultural Science 36*(3): 591-602. (In Persian with English abstract)
DOI: 10.22067/jhs.2022.69740.1059

Introduction

Inefficient and excessive use of chemical fertilizers in agriculture has caused soil erosion and pollution of water resources and has also been effective in reducing the quality of crops. On the other hand, the use of beneficial soil microorganisms as bio-organic enhances soil fertility, and results in healthier and richer nutritional needs is a further harvest away from ecosystem contamination. Increase crop in terms of quantity and quality without damaging the farm ecosystem, especially medicinal plants. Bio-fertilizers are the latest development in organic farming. They are also a gift from modern agricultural science that should replace chemical fertilizers on farms which play a vital role in maintaining long-term soil fertility and stability. *Ocimum basilicuum* is a grown aromatic and medicinal plant that is a leafy vegetable of the Labiatae family. This plant has different healing properties and is also used to flavor various food products due to its special taste. Therefore, in this study with the aim of providing a practical solution to reduce the use of artificial fertilizers and environmental pollution, the effect of vermicompost and biological fertilizers on the composition of secondary metabolites and growth of basil (*Ocimum basilicuum*) was studied.

Materials and Methods

This study was conducted in 2017-2018 to investigate the effects of vermicompost and biological fertilizers on some traits of basil (*Ocimum basilicuum*) in of Azadshahr in Golestan province. In this experiment, application of vermicompost at three levels (a1: no application, a2: application at a rate of 10% and a3: application at a rate of 20% by weight of soil) and application of biological fertilizers at three levels (b1: no application, b2: use of *Bacillus subtillis*, b3: use of natural element compounds) were examined. The experiment was carried out in a randomized complete block design with three replications in the exterior space as a pot culture. The alcoholic extract used in this study was performed by soaking. The amount of total phenol compounds was measured by the Folin Siocalto method and the total flavonoid content was measured by aluminum chloride colorimetric method. Data obtained from experiments using the software SAS Ver. 9.1 and comparison of means was performed using the least significant difference test (LSD) .Excel software was also used to draw the graphs.

Results and Discussion

The results of analysis of variance showed that the application of vermicompost was significant on root fresh and dry weight, fresh and dry weight of stem, stem length, fresh and dry weight of leaves and leaf area. Also, the effect of biological fertilizers on root fresh weight and stem dry weight was significant. Comparison of means

1 and 2- M.Sc. of Horticulture Engineering, Area of Study Medicinal Plants, Higher Educational Institution Baharan, Gorgan, Iran
(*- Corresponding Author Email: sh.khoshbakht92@gmail.com)
3- Assistant Professor, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Gorgan, Iran

also showed that vermicompost 20% compared to control and vermicompost 10% in traits such as fresh weight of root (5.14), dry weight of root (7.25), fresh weight of stem (25.23), dry weight of stem (2.25), length stem (33.77), fresh weight of leaf (51.85), dry weight of leaf (8/08) and leaf area (75.13) had the highest values. No significant effect was observed between vermicompost and biological fertilizers. The maximum amount of total phenol in vermicompost treatments belonged to 20% vermicompost at 1.98 mg/g, and in biological fertilizers treatments to Probio96 at 1.96 mg/g. Also, the maximum levels of total flavonoids in plants treated with vermicompost were 20% and Probio 96 were 92.13 mg/g and 91.22 mg/g, respectively. The results show that vermicompost had the greatest effect on target organs such as leaf area, fresh and dry weight of basil leaves.

Conclusion

The trade and cultivation of medicinal and aromatic plants is an important part of agriculture. Medicinal and aromatic plants are the main source of known medicines. Therefore, obtaining methods to increase the yield and therapeutic indicators of medicinal plants is of particular importance. In the growth of medicinal plants and biomass production, the quality of raw materials used is important. Chemical fertilizers have several adverse effects on the environment and human health. These effects can include leaching and displacement of various soil layers, groundwater and surface water pollution, accumulation of heavy metals and nitrates, air pollution, acid rain, and chemical accumulation in plants, animals, and human tissues. According to the findings, it is generally recommended to use bio-fertilizers such as vermicompost and Probiot 96 as a suitable alternative to chemical fertilizers in plant nutrition to protect the environment, human health and the positive economic effects of medicinal plants

Keywords: *Bacillus subtilis*, Basil, Flavonoids, Phenol, Vermi-compost

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص. ۶۰۲-۵۹۱

تاثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر عملکرد، صفات رویشی و متابولیت‌های ثانویه ریحان (*Ocimum basilicuum* L.)

سلیمه مختومی[1]- شبنم خوشبخت[2]*- عباسعلی نوری نیا[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۴

چکیده

استفاده زیاد از کودهای شیمیایی در روش‌های متداول کشاورزی سبب فرسایش خاک و آلودگی منابع آبی شده و در کاهش کیفیت محصولات نیز تاثیر دارد. کاربرد کودهای بیولوژیک در خاک و آب آلودگی ایجاد نمی‌کند در عین حال کیفیت مواد غذایی را افزایش می‌دهند. این آزمایش برای بررسی اثرات ورمی‌کمپوست، کودهای حاوی عناصر معدنی و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر روی برخی صفات گیاه ریحان *Ocimum basilicuum* L.) در روستای قزلجه استان گلستان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. بدین منظور دو عامل کاربرد ورمی‌کمپوست (در سه سطح a_1: بدون مصرف، a_2: مصرف به نسبت ۱۰ درصد و a_3: مصرف به نسبت ۲۰ درصد وزنی خاک) و مصرف کودهای بیولوژیک و عناصر طبیعی افزایش دهنده رشد گیاه (در سه سطح b_1: بدون مصرف، b_2: استفاده از باکتری باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus subtillis*) و b_3: استفاده از ترکیبات عناصر طبیعی) مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در فضای آزاد به صورت کشت گلدانی اجرا شد. برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، مقدار فنل و فلاونوئید کل در زمان کامل شدن مرحله رویشی گیاه نمونه‌گیری انجام شد. مقدار ترکیبات فنل کل با استفاده از روش فولین سیوکالتو و سنجش میزان فلاونوئید کل به روش رنگ سنجی آلومینیوم کلرید اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، بین سطوح مختلف استفاده از ورمی‌کمپوست از نظر صفات وزن‌تر و خشک ریشه، وزن‌تر و خشک ساقه، طول ساقه، وزن‌تر و سطح برگ در سطح یک درصد و وزن خشک برگ تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود داشت. همچنین اثر کودهای بیولوژیک و عناصر طبیعی افزاینده رشد گیاه بر صفات وزن‌تر ریشه و وزن خشک ساقه معنی‌دار شد. حداکثر مقدار فنل کل بین تیمارها به ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد به میزان ۱/۹۸ میلی‌گرم‌برگرم و کود پروبیو ۹۶ (حاوی باکتری باسیلوس سوبتیلیس) به مقدار ۱/۹۶ میلی‌گرم‌برگرم حاصل شد. همچنین حداکثر مقدار فلاونوئید کل در گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد و استفاده از باکتری باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus subtillis*) به ترتیب ۹۲/۱۳ میلی‌گرم‌برگرم و ۹۱/۲۲ میلی‌گرم‌برگرم به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد ورمی‌کمپوست بیش‌ترین تاثیر را بر اندام‌های مورد هدف مانند سطح برگ، وزن‌تر و خشک برگ گیاه ریحان داشت. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد، استفاده ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد و کود حاوی باکتری باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus subtillis*) مناسب‌ترین ترکیب تغذیه‌ای گیاه ریحان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: باسیلوس سوبتیلیس، ریحان، فلاونوئید، فنل، ورمی‌کمپوست

مقدمه

استفاده غیرقابل کنترل از سموم دفع آفات باعث ایجاد خطرات جدی بر سلامت انسان و محیط زیست می‌شود. در برخی کشورهای در حال توسعه از جمله ایران هیچ کنترلی بر کاربرد مواد شیمیایی در تولید مواد غذایی وجود ندارند (Mondal *et al*., 2017). به همین جهت اثرکاربرد کودهای شیمیایی بی‌کیفیت، بر شرایط بهداشتی خاک، آب و هوا و در نتیجه محصولات غذایی کشاورزی حائز اهمیت می‌باشد (Citak and Sonmez, 2010). امروزه به دلیل افزایش آگاهی از تأثیرات نامطلوب اقتصادی و زیست محیطی محصولات

۱ و ۲- دانش‌آموختگان کارشناسی‌ارشد، گروه باغبانی، گرایش گیاهان دارویی، موسسه آموزش عالی بهاران، گرگان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: sh.khoshbakht92@gmail.com)
۳- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران
DOI: 10.22067/jhs.2022.69740.1059

شیمیایی، استفاده از کشاورزی ارگانیک به‌عنوان روش اصلی کشاورزی بکار گرفته می‌شود.کشاورزی ارگانیک شامل استفاده از مواد آلی بدون کمک شیمیایی برای محصولات زراعی است (Arancon et al., 2003). با افزایش جمعیت جهان محدود کردن تأثیر انسان بر محیط زیست یک چالش پیچیده است (Godfray et al., 2010). تولید مواد غذایی و مدیریت پسماند دو مسئله فزاینده ناشی از افزایش جمعیت جهان محسوب می‌شود. بازیافت باقیمانده‌های آلی به‌منظور اصلاح مواد غذایی، فرصتی برای حل جزئی این چالش مضاعف به نظر می‌رسد. بنابراین، مدیریت صحیح پسماند را می‌توان با استفاده از پسماندهای آلی به‌عنوان بستر در کشاورزی از طریق کشاورزی ارگانیک حفظ کرد. کمپوست زباله‌های آلی راه‌حلی برای مقادیر زیادی زباله در سراسر جهان ارائه می‌دهد (Najar and Khan, 2013). کمپوست‌سازی ورمی فرآیندی است که با به‌کارگیری آن کرم‌های خاکی، بقایای آلی را به یک محصول ثانویه به نام ورمی‌کمپوست تبدیل می‌کنند (Chang et al., 2002)، که روش خوبی برای افزایش محتوای خاک و باروری طولانی مدت آن‌ها می‌باشد (Dignac et al., 2017). بهره‌برداری از میکروب‌های مفید به‌عنوان یک کود بیولوژیکی نقش بالقوه‌ای در ایمنی مواد غذایی و تولید پایدار محصولات کشاورزی، داشته‌است. به‌طوری که علاوه بر سازگاری با محیط زیست به‌دلیل وجود بسیاری از میکروارگانیسم‌های مفید میکروسکوپی نظیر ریزوباکتری‌ها، قارچ‌های‌اند و واکتومی میکوریزا، سیانوباکتری‌ها باعث بهبود جذب مواد مغذی، رشد گیاه و تحمل گیاه به تنش‌های غیرزنده و بیوتیکی شده‌است (Bhardwaj et al., 2014). از این رو به کارگیری ورمی‌کمپوست در سال‌های آینده برای کشاورزی پایدار عملی غیرقابل پیشگیری خواهد بود (Naiji and Souri, 2014).

متابولیت‌های ثانویه به‌عنوان راهکاری نوین در توسعه داروسازی و منبع جدید امیدوارکننده (Mahfouz and Sharaf-Eldin, 2007) عوامل درمانی که مشخصه گیاهان خاص یا گروه گیاهی است، مورد توجه قرار گرفته‌است (Seigler, 1998). مونوترپن‌ها اجزای غیر تغذیه ای هستند که در اسانس‌های مرکبات، گیلاس، نعناع و برخی گیاهان یافت می‌شوند و مسئول عطر و بوی متمایز بسیاری از آن‌ها هستند (McChesney et al., 2007). کل گیاه ریحان (*O. basilicum* L.) دارای ارزش دارویی است (Razmkhah et al., 2012) اگرچه بیشتر از برگ‌ها و گاهی از دانه‌ها استفاده می‌شود (Saeid Nejad and Rezvani Moghaddam, 2010). ریحان (*O. basilicum* L.) گیاهی اندمیک است که در مناطق مختلف آسیا، اروپا و خاورمیانه به ویژه در مناطق مختلف ایران کشت می‌شود (Rajendran and Devaraj, 2004; Pereira et al., 2011).

طی پژوهشی که توسط نایجی و سوری (Naiji and Souri., 2018) انجام گرفت، اسید آسکوربیک، اسانس، پروتئین و مواد معدنی (P، K، Mn، Cu) گیاه ریحان در ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد بیش‌ترین مقدار را داشتند، در عین حال مقدار منیزیم، آهن و روی در تیمار ورمی‌کمپوست ۴۰ درصد بیش‌ترین بود. ورمی‌کمپوست حاوی برخی عناصر ریز مغذی (Cu،Fe ، Mn ،Zn) سبب رشد و تولید بهتر گیاه سیر شد (Suthar, 2009). به‌دلیل استفاده از ورمی‌کمپوست و فعالیت میکروبی در گیاه دارویی آویشن بهبود جذب مواد مغذی گزارش گردید (Amooaghaie and Golmohammadi, 2017). طی پژوهش دیگری ورمی‌کمپوست به مقدار ۷۳ درصد باعث افزایش زیست توده شاخه و به مقدار ۵۷ درصد باعث افزایش زیست توده ریشه شده‌بود (Blouin et al., 2019). کاربردکودهای بیولوژیک سبب رشد رویشی، افزایش عملکرد و میزان اسانس گیاهان دارویی می‌شود (Karthikeyan et al., 2008). در همین راستا، گیاه زنیان (Fathi and Najafian, 2020)، رازیانه (Azzaz et al., 2009) و همیشه بهار (Sanches et al., 2005) تحت تاثیر کودهای بیولوژیک اثرات قابل توجهی نشان دادند. همچنین کاربرد باکتری باسیلوس روی گیاه ریحان باعث افزایش سرعت رشد و میزان اسانس شد (Banchio et al., 2009). بهبود تولید محصولات زراعی استفاده از ورمی‌کمپوست برای کاشت در کشاورزی به‌عنوان یک محیط مفید برای بهبود رشد و عملکرد گیاه و حفظ نازایی خاک برجسته شده‌است. این ماده آلی ثابت کرده‌است که ساختار کلی خاک، حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول را بهبود می‌بخشد (Najar and Khan, 2013). هدف از این پروژه بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و کودهای دیگر بر رشد و بهره‌وری گیاه دارویی ریحان (*O. basilicuum* L.) است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ در فضای آزاد مزرعه به صورت کشت گلدانی در روستای قزلجه از توابع شهرستان آزادشهر واقع در استان گلستان اجرا شد. نتایج حاصل از آزمون خاک به منظور تعیین مقدار عناصر غذایی قابل استفاده گیاه، در جدول ۱ نشان داده شده‌است. در این آزمایش دوعامل A:کاربرد ورمی‌کمپوست در سه سطح (a_1: بدون مصرف ، a_2: مصرف به نسبت 10درصد، و a_3: مصرف به نسبت ۲۰درصد وزنی خاک) و B: مصرف کودهای بیولوژیک در سه سطح (b_1: بدون مصرف، b_2: استفاده از باکتری باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus subtillis*) و b_3: استفاده از ترکیبات عناصر طبیعی) مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در فضای آزاد به‌صورت کشت گلدانی اجرا شد. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی از خاک مورد استفاده نمونه‌برداری صورت گرفت. تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری انجام شد (Gee and Bauder, 1986). میزان کلسیم، منیزیم و تعیین درصد ماده آلی با روش تیتراسیون (Paul and

(Bhattacharya, 2012) و میزان فسفر قابل جذب بـا روش اولسـن (Khalid *et al*., 2006) تعیین گردید. شوری با دستگاه هدایت سـنج و واکنش خاک بـا دسـتگاه pH متـر انـدازه‌گیـری شـد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جـدول ۱ نشـان داده شـده است. خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد اسـتفاده در جـدول ۲ آمده‌است. تجزیه ترکیبات سازنده کود بیولوژیک پروبیو۹۶ در جدول ۳ نشان داده شده‌است.

بذرهای تهیه شده گیاه ریحان از شرکت خدمات کشاورزی ایـران در گلدان‌های ۶ کیلویی و در عمق ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر کشت گردیـد. گلدان‌ها بلافاصله پس از استقرار بذرها آبیاری شدند. همچنـین بسـته به نیاز آبی گیاه تا مرحله برداشت، آبیاری مجدد صورت گرفت. تعـداد ۸۱ گلـدان در ۳ کـرت (شـاهد، ورمـی‌کمپوسـت ۱۰ درصـد و ورمـی کمپوست ۲۰ درصد) و هر کرت شامل ۲۷ گلدان بـود، هـر کـرت ۲۷ تایی شـامل ۳ دسـته جداگانـه ۹ تـایی (شـاهد، کـود هربـان و کـود پروبیوتیک) بودند. هربان یکی از کودهای غنی از عناصر مغذی است که سبب احیای خاک و رشد ایده‌آل در گیـاه مـی‌شـود. ایـن کـود در موسسه خاک و آب کشور و وزارت جهاد کشاورزی به عنوان یک ماده معدنی به شماره ۹۱۲۵۳ به ثبت رسیده‌است (جـدول ۴). کـوددهی در دو مرحله زمان کاشت بذور و سی روز پس از سبز شدن (مرحله چهـار تا پنج برگی بوته‌ها) انجام شد. بـدین منظـور تیمارگلـدان‌هـای کـود هربان، در هر لیتر آب ۲۵ گرم هربان حل کرده، سپس ۵۰ سی‌سی از محلول به‌دست آمده در گلدان‌ها ریختـه شـد. همچنـین بـرای تیمـار گلدان‌های پروبیوتیک، در هر لیتر آب ۲۰ سی‌سی کود پروبیو مخلـوط کرده، و در هر گلدان ۵۰ سی‌سی از محلول حاوی پروبیوتیک، اضـافه شد. در مرحله دوم کوددهی به دلیل نیاز غذایی گیاه ریحان و تشکیل اندام‌های هوایی، تیمار گلدان‌های هربان به مقـدار دو لیتـر آب در ۵۰ گرم هربان و تیمار گلدان‌های پروبیوتیک ۱/۵ لیتر آب در ۳۰ سی‌سی پروبیوتیک بـوده‌اسـت. نمونـه‌بـرداری جهـت بررسـی برخـی صـفات مورفولوژیک و میزان فنل کل و فلاونوئید کل نیز پس از کامل شـدن مرحله رویشی انجام شد.

عصاره‌گیری الکلی مورد استفاده در این تحقیق به روش خیساندن انجام شد (Aburiai and Hudaib, 2006). جهت اندازه‌گیری مقدار ترکیبات فنلی کل از روش فـولین سـیوکالتو (Verza *et al*., 2007) استفاده شد. همچنین سنجش میزان فلاونوئید کل نیز به روش رنـگ سنجی آلومینیـوم کلریـد (Chang *et al*., 2002) انـدازه‌گیـری شـد. داده‌های حاصل از پژوهش، با استفاده از نـرم‌افـزار آمـاری SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و بـرای مقایسـه میـانگین‌هـا نیـز از آزمون حداقل اختلاف معنـی‌دار (LSD) در سـطح احتمـال ۵ درصـد استفاده شد. برای رسم نمودارها نیز نرم‌فزار اکسل مورد اسـتفاده قـرار گرفت.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- The physical and chemical characteristics of the used soil in this experiment

بافت خاک Soil texture	منیزیم قابل دسترس Available magnesium (mg.kg^{-1})	کلسیم قابل دسترس Available calcium (mg.kg^{-1})	فسفر قابل دسترس Available phosphorous (mg.kg^{-1})	درصد ماده آلی Organic matter (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})
شنی لومی Loamy sand	30	200	10.3	1.92	7.40	1087

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست در آزمایش

Table 2- Chemical properties of vermicompost in the experiment

مس Cu	روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	ازت N	درصد ماده آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH
ppm (mg.kg^{-1})									
47	55	558	310	1.4	0.94	1.5	17.7	3.3	8.4

جدول ۳- تجزیه ترکیبات سازنده کود بیولوژیک (پروبیو۹۶)

Table 3- Analysis of biofertilizer compounds (Probio 96)

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dSm^{-1})	جمعیت CFU/ml	میکروارگانیسم Microorganism
6.2	4.4	10^8	باسیلوس سوبتیلیس *Bacillus subtillis*

جدول ٤- مواد تشکیل دهنده کود هربان

Table 4- Ingredients of Herban fertilizer

پتاسیم K_2O	کلسیم CaO	آهن Fe_2O_3	منیزیم MgO	منگنز MnO	گوگرد S	سیلیسیوم SiO_2	آلومینیوم Al_2O_3
				(%)			
4	6	6	7	0.07	2	50	13

نتایج و بحث

خصوصیات مورفولوژیک

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس دادهها نشان داد، اثر سطوح مختلف کاربرد ورمی‌کمپوست بر صفات وزن‌تر و خشک ریشه، وزن‌تر و خشک ساقه، طول ساقه، وزن‌تر و خشک برگ و سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر کود بیولوژیک بر صفات وزن‌تر ریشه و وزن خشک ساقه در سطح پنج درصد معنی‌دار شدند. همچنین در اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود بیولوژیک در هیچ یک از صفات تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که تمامی صفات تیمار شده با ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد، معنی‌دار بودند و باعث بهبود عملکرد گیاه ریحان شده‌است. به طوری که وزن‌تر برگ و سطح برگ در ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد به‌ترتیب با مقدار ۵۱/۸۵ و ۷۵/۱۳، و در شاهد به ترتیب با مقدار ۲۴/۲۸ و ۵۹/۶۹ مشاهده شد. در بین تیمارکودهای بیولوژیک، کود پروبیو ۹۶ در صفاتی نظیر وزن‌تر ریشه و وزن‌خشک ریشه، طول ریشه، وزن‌تر ساقه و وزن خشک ساقه، طول ساقه و وزن‌تر برگ بیش‌ترین مقدار را در مقایسه با شاهد و هربان داشت (جدول ۶). کودهای بیولوژیکی از طریق تثبیت نیتروژن، محلول‌سازی یا کانی‌سازی فسفات و پتاسیم، آزادسازی مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه، تولید آنتی‌بیوتیک و تجزیه بیولوژیکی مواد آلی در خاک، محیط خاک را غنی نگه می‌دارند (Sinha *et al*., 2010). وقتی کودهای زیستی به عنوان ماده تلقیحی در بذر یا خاک استفاده می‌شوند، آن‌ها تکثیر می‌شوند و در چرخه تغذیه مواد مغذی شرکت می‌کنند و سبب بهبود تولید محصول می‌شوند (Adesemoye and Kloepper, 2009). ریزوباکتری‌ها در شرایط آزمایشگاهی سبب تقویت جوانه‌زنی ذرت شده‌بودند (Norman *et al*., 2005). کودهای زیستی باعث گسترش ریشه و جوانه‌زنی بذرها می‌شوند (Purushothaman *et al*., 2018). افزودن ورمی‌کمپوست به میزان قابل توجهی زیست توده شاخه را تا ۲۳ درصد و زیست توده ریشه را تا ۲۰ درصد افزایش داد (van Groenigen *et al*., 2014). ورمی‌کمپوست بهترین عامل تکثیر برای خصوصیات رشد مانند ارتفاع، تعداد شاخه‌ها، طول ریشه و وزن خشک ریشه میخک (*Syzygium aromaticum*) و همچنین برای ویژگی‌های رشد نظیر ارتفاع و تعداد برگ‌های فلفل سیاه است (Thankamani *et al*., 1996). حیدرپور و همکاران گزارش داد که استفاده از ۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست پارامترهای مورفوفیزیولوژیکی مرزه تابستانی[1] را بهبود بخشید (Heidarpour *et al*., 2020). در بین تیمارکودهای زیستی، تیمار ورمی‌کمپوست در خردل، منجر به افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک شد (McGarvey and Croteau, 1995). همچنین اثرات مثبت ورمی‌کمپوست بر روی گیاهان دارویی سیر (Verma *et al*., 2013)، گشنیز (Godara *et al*., 2014)، بابونه آلمانی (Ansarifar *et al*., 2012) و ریحان (Sirousmehr, 2014) گزارش شده است. جاوید و پانوار (۲۰۱۳) اثرات ورمی‌کمپوست بر سویا (*Glycine max*) را مطالعه کردند، و اثبات نمودند ورمی-کمپوست از نظر درصد جوانه‌زنی بذر و فنل کل از کودهای شیمیایی بهتر بود (Javed *et al*., 2013). همچنین کاربردهای ورمی‌کمپوست باعث افزایش تعداد گل و عملکرد گل همیشه بهار آفریقایی مشاهده شد (Pant *et al*., 2009). همچنین نتایج یک آزمایش نشان داد که پارامترهای رشد و عملکرد مانند سطح برگ، زیست توده اندام هوایی گیاهان، تعداد گل‌ها، تعداد دونده‌های گیاه و وزن میوه‌های قابل فروش به دلیل کاربردهای ورمی‌کمپوست در مقایسه با کودهای معدنی افزایش قابل توجهی داشت (Joshi *et al*., 2015).

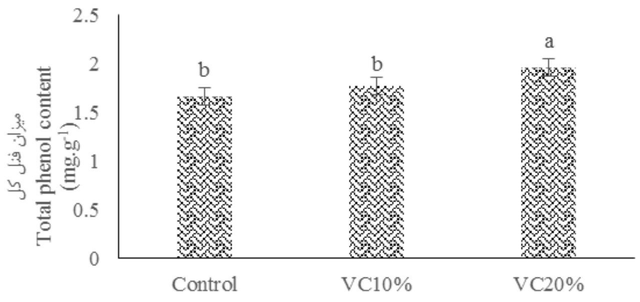
میزان فنل و فلاونوئید

ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی از جمله ترکیبات اصلی گیاهان دارویی هستند. این ترکیبات به عنوان منابع ضداکسیدکننده موثر در نظر گرفته‌می‌شوند (Chookalaii *et al*., 2020). همان‌طور که در شکل ۱ نشان می‌دهد، بیشترین میزان فنل کل به مقدار ۱/۹۸ میلی-گرم‌برگرم به تیمار ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد تعلق داشت. و در بین تیمارهای بیولوژیک،کود پروبیو ۹۶ با مقدار ۱/۹۶ میلی‌گرم‌برگرم، بیشترین تاثیر را بر میزان فنل کل نشان داد (شکل ۲). بیشترین میزان فلاونوئید کل در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد با مقدار ۹۲/۱۳ میلی‌گرم‌برگرم، و بیشترین میزان فلاونوئید بعدی در تیمار ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد مشاهده شد (شکل ۳). این روند در تیمارهای کود بیولوژیک نیز گزارش شد به طوری که کود پروبیو ۹۶ و بعد از آن کود هربان بیشترین تاثیرگذاری را در افزایش میزان فلاونوئید کل به ترتیب به میزان ۹۱/۳۳ و ۸۳/۵۴ را در مقایسه با

1- *Satureja hortensis*

شاهد داشته است (شکل ۴).

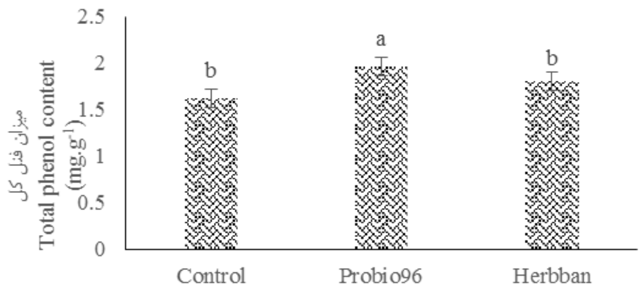
در گاوزبان حداکثر میزان موسیلاژ (۴/۲۳ درصد)، محتـوای فنـل (۷/۵ درصد) و شاخه‌های گلدار (۵۷/۴۵ گرم در متـر مربـع) بـا تیمـار ورمی‌کمپوست ۱۰ تن در هکتـار بـه‌دسـت آمـد (Shahbazi *et al.*, 2019). کاربرد ورمی‌کمپوست بر گیاه دارویی زنیان در برخی از عوامل از جمله فنل کل، کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها، قند محلول کل، نیتـروژن، فسفات و پتاسیم اثر بهتری در مقایسه بـا نمونـه‌هـای شـاهد داشـت (Fathi and Najafian, 2020). میزان اسانس مرزنجوش در مقایسه با کودهای NPK به شدت تحت تأثیرکودهـای زیسـتی قـرار گرفـت (Gharib *et al.*, 2008). کاربرد ورمی‌کمپوست (۱۵ تن در هکتار) بر گیاه دارویی زوفـا بـه طـور قابـل تـوجهی بـر کلروفیـل، کاروتنوئیـد، فلاونوئیدها و آنتوسـیانین‌هـا تـأثیر گذاشـته‌اسـت (Yousefzadeh, 2018).



شکل ۱- تاثیر ورمی‌کمپوست بر میزان فنل کل ریحان

Figure 1- The effect of vermicompost (VC) on the total phenol content of basil (LSD, *p≤0.05*)

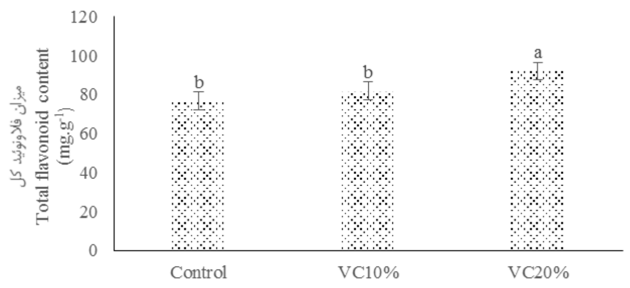
VC٪20: ورمی‌کمپوست ۲۰٪- VC٪10: ورمی‌کمپوست ۱۰٪- Control : شاهد



شکل ۲- تاثیر کود بیولوژیک و هربان بر میزان فنل کل ریحان

Figure 2- The effect of biological fertilizer (Probio96) and Herbban on the total phenol content of basil (LSD, *p≤0.05*)

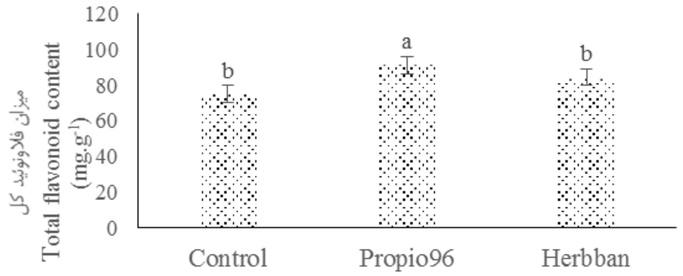
Herbban : هربان- Probio96: پروبیو٩٦- Control: شاهد



شکل ۳- تاثیرورمی‌کمپوست بر میزان فلاونوئید کل ریحان

Figure 3- The effect of vermicompost (VC) on the total flavonoid content of basil (LSD, *p≤0.05*)

VC٪20: ورمی‌کمپوست ۲۰٪- VC٪10: ورمی‌کمپوست ۱۰٪- Control: شاهد



شکل ٤- تاثیر کود بیولوژیک و هربان بر میزان فلاونوئید کل ریحان

Figure 4- The effect of biological fertilizer (Probio96) and Herbban on the total flavonoid content of basil (LSD, *p≤0.05*)

Control: شاهد -Probio96: پروبیو٩٦ -Herbban: هربان

جدول ٥- تجزیه واریانس اثر کاربرد کود زیستی، هربان و ورمی‌کمپوست بر برخی خصوصیات گیاه ریحان

Table 5- The ANOVA results for the effect of biofertilizer, Herbban and vermicompost on some traits of basil plant

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares								
		وزن تر ریشه Fresh root weight	وزن خشک ریشه Dry root weight	طول ریشه Root length	وزن تر ساقه Fresh stem weight	وزن خشک ساقه Dry stem weight	طول ساقه Stem length	وزن تر برگ Fresh leaf weight	وزن خشک برگ Dry leaf weight	سطح برگ Leaf area
تکرار Replication	2	1.17 ns	37.28**	0.70ns	65.24 ns	0.25*	29.37**	3.63*	4.22 ns	127.04**
ورمی‌کمپوست Vermicompost (VC)	2	12.5**	368.4**	0.703ns	19.03**	2.89**	150.07**	55.4**	48.5*	1103.17**
کودهای بیولوژیک Biological fertilizers (B)	2	2.84*	12.2ns	1.37ns	53.6 ns	0.23*	2.25 ns	2.07 ns	2.20 ns	269.67 ns
VC×B	4	1.12 ns	5.99 ns	1.64ns	96.6 ns	0.12 ns	3.81 ns	1.04 ns	1.73 ns	134.93 ns
خطا Error	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات C.V (%)	-	23.08	21.42	8.34	20.83	18.26	7.75	21.71	22.84	17.08

ns، ** و *: به ترتیب نمایانگر عدم‌معنی‌داری و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

ns, ** and *: non-significant, significant at *p≤0.01* and *p≤0.05*, respectively.

بوک چوی[1] تیمار شده با ورمی‌کمپوست به نسبت کودهای شیمیایی دارای بیشترین مواد معدنی، کاروتنوئیدهای کل، فعالیت آنتی اکسیدانی و فنول‌های کل بود (Osoli and Taleshi, 2018). نتایج تحقیق دیگری که روی ریحان انجام شد، این کاربرد را نشان داد ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد، عملکرد و کیفیت محتوای اسانس و عملکرد بیولوژیکی گیاه بهبود یافت (Anwar *et al.*, 2005). محفوظ و شرف الدین (۲۰۰۷)، اصولی و تالش (۲۰۱۸) نیز نتایج مشابهی را برای رازیانه (*Foeniculum vulgare*) ارائه کردند (Noumavo *et al.*, 2013; Koralage *et al.*, 2015). در مورد گونه‌ای از مارچوبه (*Asparagus racemosus*) نیز نشان داد، میزان فنل کل و فلاونوئید کل در خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست بیشتر است (Saha *et al.*, 2010). در مورد گیاهان گوآر[2] کودهای بیولوژیک به‌طور چشمگیری موجب افزایش میزان کربوهیدرات و فلاونوئیدها شده‌بود (Ahmed *et al.*, 2014).کودهای بیولوژیک تأثیر

1- *Brassica rapa subsp. chinensis*

2- *Cyamopsis tetragonoloba*

قابل توجهی بر عملکرد اسانس گیاهانی نظیر ریحان (Karthikeyan et al., 2008)، آویشن (Fallahi et al., Hendawy et al., 2010; 2008)، بابونه (Arazmjo et al., Ahmadian et al., 2010، 2010)، زیره (Rubab et al., 2016) و رازیانه (Moradi et al., 2011) نشان دادند. و نیز تاثیر کودهای بیولوژیکی در افزایش چرخه رشد، عملکرد و بیوسنتز مونوترپن‌ها و ایجاد محتوای اسانس در گیاه رازیانه گزارش شد (Koralage et al., 2015). این نتایج در همان روند نتایج حاضر است.

نتیجه‌گیری

کودهای زیستی به‌عنوان یک مزیت در کشاورزی ارگانیک نقش مهمی در حفظ باروری و پایداری طولانی مدت خاک دارند. این نوع کودها را می‌توان گزینه‌ای برای افزایش بهره‌وری در واحد سطح و تامین محیط زیست سالم دانست. همان طوری که نتایج این آزمایش نشان داده‌است مصرف کود ورمی‌کمپوست بیش‌ترین تاثیر را بر اندام های مورد هدف مانند سطح برگ، وزن‌تر و خشک برگ گیاه ریحان داشت. به‌طور کلی مشخص شد که استفاده ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد و کود حاوی باکتری باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus subtillis*) مناسب‌ترین ترکیب تغذیه‌ای گیاه ریحان می‌باشد.

جدول ٦- اثر کاربرد کود زیستی، هربان و ورمی‌کمپوست بر برخی خصوصیات گیاه ریحان

Table 6- The effect of biofertilizer, Herbban and vermicompost on some traits of basil plant

تیمار Treatment	وزن تر ریشه Fresh root weight (g)	وزن خشک ریشه Dry root Weight (g)	طول ریشه Root lengt (cm)	وزن تر ساقه Fresh stem weigh t(g)	وزن خشک ساقه Dry stem weight (g)	طول ساقه Stem length (cm)	وزن تر برگ Fresh leaf weight (g)	وزن خشک برگ Dry leaf weight (g)	سطح برگ Leaf area (cm^2)
شاهد Control	3.15^b	2.92^b	13.44^a	13.34^b	1.22^b	26.44^b	24.28^b	3.77^b	59.69^b
ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد Vermicompost 10%	3.004^b	2.98^b	13.11^a	15.18^b	1.33^b	27.00^b	29.98^b	4.43^b	53.66^b
ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد Vermicompost 20%	5.14^a	7.25^a	12.8^a	25.23^a	2.25^a	33.77^a	51.85^a	8.08^a	75.13^a
شاهد Control	3.20^b	3.86^a	12.77^a	1.52^a	28.55^a	34.54^a	5.21^a	56.88^b	41.3^a
پروبیو ۹۶ Probio96	4.32^a	4.81^a	13.55^a	19.11^a	1.78^a	29.55^a	38.12^a	6.00^{ab}	67.66^{ab}
هربان Herbban	3.82^b	4.48^a	13.11^a	17.87^a	1.50^a	29.11^a	33.45^a	5.08^{ab}	63.94^{ab}

در هر ستون، میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

In each column, the mean followed by the sa,e letter have not significant difference based on LSD test at the %5 of probability level.

منابع

1- Aburiai, T., & Hudaib, M. (2006). Antimutatelet, antibacterial and antifungal activities of *Acillea* facata exteracts and evaluation of volatile oil composition. *Journal Pharmacog 2*(7): 191-8.

2- Adesemoye, A.O., & Kloepper, J.W. (2009). Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. A Review. *Appl Microbiol Biotechnol 85*(1): 1-12. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2196-0.

3- Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar, B.A., Heidary, M., Ramroodi, M., & Mousavinik, M. (2010). Effects of Residual of chemical fertilizer, cattle manure and compost on yield, yield components, some physiological characterestics and essential oil content of *Matricaria chamomilla* under drought stress condition. *Iranian Journal of Field Crops Research 8*(4): 668-676.

4- Ahmed, S.H.G., Hussien, A.H.S., Aber, A.M., & Hanaa, F.Y.M. (2013). Effect of nitrogen sources, biofertilizers and their interaction on the growth, seed yield and chemical composition of Guar plants. *Journal Life Science 10*(3): 389-402.

5- Amooaghaie, R., & Golmohammadi, S. (2017). Effect of vermicompost on growth, essential oil, and health of *Thymus vulgaris*. *Journal Compost Science & Utilization 25*(3): 166-177. https://doi.org/10.1080/1065657X.2016.1249314.
6- Ansarifar, M., Noormohamadi, G., Seyed Hadi, M.R.H., & Riazi G. (2012). Effect of organic nutrients on flower yield and oil content of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal Med Plants By-products* 2: 177-181.
7- Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., & Khanuja, S.P.S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Commun. *Soil Science Plant 36*(13-14): 1737-1746. https://doi.org/10.1081/CSS-200062434.
8- Arancon, N., Edwards, C., Bierman, P., Metzger, J., Lee, S., & Welch C. (2003). Effects of vermicompost on growth and marketable fruits of field grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedobiologia*. 47:731-735.
9- Arazmjo, A., Heidari, M., Ghanbari, A., Siahsar, B., & Ahmadian A. (2010). Effects of three types of fertilizers on essential oil, photosynthetic pigments, and osmoregulators in chamomile under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences* (ESCS) *3*(1): 23-33.
10- Azzaz, N.A., Hassan, E.A., & Hamad, E.H. (2009). The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of Fennel Plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 3(2):579-587.
11- Bailly, C. 2009. “Ready for a comeback of natural products in oncology,” *Biochemical Pharmacology*. 77(9); 1447-1457. https://doi.org/10.1016/j.bcp.2008.12.013.
12- Banchio, E., Xie, X., Zhang, H., & Pare, P.W. (2009). Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(2): 653-657. https://doi.org/10.1021/jf8020305.
13- Bhardwaj, D., Ansari, M.W., Sahoo, R.K., & Narendra, Tuteja. (2014). biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. A Review. *Microbial Cell Factories*. 13:66. https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66.
14- Blouin, M., Barrere, J., Meyer, N., Lartigue, S., Barot, S., & Mathieu, J. (2019). Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*. 39:34. Agronomy for https://doi.org/10.1007/s13593-019-0579-x.
15- Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal Food and Drug Analysis 10*(3): 178-82.
16- Chookalaii, H., Riahi, H., Shariatmadari, Z., Mazarei, Z., & Seyed, Hashtroudi, M. (2020). Enhancement of total flavonoid and phenolic contents in *Plantago major* L. with plant growth promoting Cyanobacteria. *Journal of Agricultural Science and Technology 22*(2): 505-518. http://dorl.net/dor/20.1001.1.16807073.2020.22.2.8.6.
17- Citak, S., & Sonmez, S. (2010). Effects of conventional and organic fertilization on spinach (*Spinacea oleracea* L.) growth, yield, vitamin C and nitrate concentration during two successive seasons. *Scientia Horticulturae* 126: 415–420. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.010.
18- Dignac, M.F., Derrien, D., & Barré, P. (2017). increasing soil carbon storage: mechanisms, effects of agricultural practices and proxies. A Review. *Agronomy for Sustainable Development* 37: 14. https://doi.org/10.1007/s13593-017-0421-2.
19- Fallahi, J., Koocheki, A., & Rezvani Moghaddam, P. (2008). Investigating the effects of organic fertilizer on quantity index and the amount essential oil and chamazulene in chamomile (*Matricaria recutita*).Agricultural Research: *Water, Soil and Plant in Agriculture 1*(8):157-168.
20- Fathi, S., & Najafian, S. (2020). Effect of organic and chemical fertilizers on morphophysiological and biochemical properties of ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). *Iranian Journal of Plant Physiology 11*(1): 3405-3415.
21- Gee, G.W., & Bauder, J.W. (1986). Particle-size analysis. In Klute, A. (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 1*. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. pp. 383– 411. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c15.
22- Gharib, F.A., Moussa, L., & Massoud, O.N. (2008). Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology 10*(4): 1560-8530.
23- Godara, A.S., Gupta, U.S., Lal, G., & Singh, R. (2014). Influence of organic and inorganic source of fertilizers on growth, yield and economics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal Seed Spice 4*(2): 77-80.
24- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., & Crute, I.R *et al*. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327:812. https://doi.org/10.1126/science.1185383.
25- Heidarpour, O., Esmaielpour, B., Soltani, Toolarood, A., & Khorramdel, S. (2020). Effect of vermicompost on summer’s morphophysiological, biochemical, and yield characteristics savory (*Satureja hortensis* L.) under different irrigation regimes. *Journal of Agroecology 12*(3): 507-522.
26- Hendawy, S.F., Azza, A., El-Din, E., Aziz, E., & Omer, E.A. (2010). Productivity and oil quality of *Thymus vulgaris* L. under organic fertilization conditions. *Ozean Journal of Applied Sciences 3*(2): 203-216.
27- Javed, S., & Panwar, A. (2013). Effect of biofertilizer, vermicompost and chemical fertilizer on different

biochemical parameters of *Glycine max* and *Vigna mungo*. *Recent Research in Science and Technology* 5: 40-44.
28- Joshi, R., Singh, J., & Vig, A.P. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 14*(1): 137-159.
29- Karthikeyan, B., Abdul Jaleel, C., Lakshmanan, G.M.A., & Deiveekasundaram, M. (2008). Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces 62*(1): 143-14.
30- Khalid, K.H.A., Hendawy, S.F., & El-Gezawy, E. (2006). *Ocimum basilicum* L. Production under Organic Farming. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciecnes 2*(1): 25-32.
31- Koralage, I.S.A., Weerasinghe, P., Silva, P.N.R.N., & De Silva, C.S. (2015). Determination of Available Phosphorus in Soil: A Quick and Simple Method. *OUSL Journal* 8: 1-17.
32- Mahfouz, S., & Sharaf-Eldin, M. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare Mill*). *Journal International Agrophysics 21*(4): 361-366.
33- McChesney, J.D., Venkataraman, S.K., & Henri, J.T. (2007). “Plant natural products: back to the future or into extinction”. *Phytochemistry 68*(14): 2015-2022. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.04.032.
34- McGarvey, D.J., & Croteau, R. (1995). Terpenoid metabolism. *Plant Cell 7*(7): 1015-1026. https://doi.org/10.2307/3870054.
35- Mondal, T., Datta, J.K., & Mondal, N.K. (2017). Chemical fertilizer in conjunction with bio fertilizer and vermicompost induced changes in morpho-physiological and biochemical traits of mustard crop. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 16*(2): 135-144. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.05.001.
36- Moradi, R., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., & Nejad Ali, A. (2011). The effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 25*(1): 25-33.
37- Naiji, M., & Souri, M.K. (2018). Nutritional value and mineral concentrations of sweet basil under organic compared to chemical fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 17*(2): 167-175. https://doi.org/10.24326/asphc.2018.2.14.
38- Naiji, M., & Souri, M.K. (2014). *The potential for organic production of savory (Satureja hortensis) in Iran*. In “Bridging the gap between increasing knowledge and decreasing resources”. Tropentag Prague Czech Republic. September 17-19.
39- Najar, I., & Khan, A. (2013). Effect of vermicompost on the growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum*) under field conditions. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture 2*(1): 12-21. https://doi.org/10.1007/s40093-015-0087-1.
40- Norman, Q., Arancon, N., Clive, A., & Edwards, C. (2005). *Effects of Vermicompost on plant growth*, International Symposium Workshop on Vermi-Technologies for Developing Countries (ISWVT 2005). Los Banos. Philippines.
41- Noumavo, P.A., Kochoni, E., Didagbé, Y.O., Adjanohoun, A., Allagbé, M., Sikirou, R., Gachomo, E.W., Kotchoni, S.O., & Baba-Moussa, L. (2013). Effect of different plant growth promoting rhizobacteria on maize seed germination and seedling development. *American Journal of Plant Sciences 4*(5): 1013-1021. http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.45125.
42- Osoli, N., & Taleshi, K. (2018). Evaluation of the effects of biological fertilizers and vermicompost on biological characteristics and essential oil quality of fennel plant (*Foeniculum vulgare* Mill) Khoramabad. *Applied Research of Plant Ecophysiology 4*(2): 123-138. (In Persian). http://repository.uma.ac.ir/id/eprint/3554.
43- Pant, A.P., Radovich, T.J.K., Hue, N.V., Talcott, S.T., & Krenek, K.A. (2009). Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *Journal of the Science of Food and Agriculture 89*(14): 2383-2392. https://doi.org/10.1002/jsfa.3732.
44- Paul, S., & Bhattacharya, S.S. (2012). Vermicomposted water hyacinth enhances growth and yield of marigold by improving nutrient availability in soils of north bank plain of Assam. *Journal of Agricultural Science and Technology 2*(1): 36-46. https://doi.org/10.37591/rrjoast.v1i3.803.
45- Pereira, CM., Neiverth, CA., Maeda, S., Guiotoku, M., & Franciscon., L. (2011). Complexometric titration with potenciometric indicator to determination of calcium and magnesium in soil extracts. *Revista Brasileira de Ciência do Solo 35*(4): 1331-1336.
46- Purushothaman, B., Srinivasan, R.P., Suganthi, P., Ranganathan, B., Gimbun, J., & Shanmugam, K. (2018). A comprehensive review on *Ocimum basilicum*. *Journal of Natural Remedies 18*(3): 72-85. http://dx.doi.org/10.18311/jnr/2018/21324.
47- Rajendran, K., & Devaraj, P. (2004). Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. *Biomass and Bioenergy 26*(3): 235-249. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.07.001.
48- Razmkhah, S., Razav, S.M.A., Behzad, K., & Mazaheri Tehrani, M. (2012). The effect of pectin, sage seed gum and basil seed gum on physicochemical and sensory characteristics of non fat concentrated yoghurt. *Iran Food*

Science Technology Research Journal 6(1): 27–36.

49- Rubab, S., Hussain, I., Khan, B.A., Unar, A.A., Abbas, K.A., Khichi, Z.H., Khan, M., Khanum, S., Rehman, K.U., & Khan, H. (2016). Biomedical description of *Ocimum basilicum* L. *A Review .JIIMC 12*(1): 59-67.

50- Saeid Nejad, A.H., & Rezvani Moghaddam, P. (2010). Evaluation of biofertilizer and chemical fertilizer application on morphological traits, yield, yield components and essential oil percent in cumin (*Cuminum cyminum*). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 24*(1): 38-44.

51- Saha, S., Mukhopadhyay, M.K., Ghosh, P.D., & Nath, D. (2012). Effect of Methanolic leaf extract of *Ocimum basilicum* L. on benzene-induced hematotoxicity in mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 176385-7 pages

52- Sanches Govin, E., Rodrigues Gonzales, H., & Carballo Guerra, C. (2005). Ifluencia de los abonos organicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *Calendula officinalis* l.y *Matricaria recutita* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales 10*(1):1.

53- Seigler, D.S. (1998). *Plant Secondary Metabolism*, Kluwer Academic, Boston, Mass, USA, 711. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4913-0.

54- Shahbazi, Z., Salehi, A., Hazrati, S., & Movahedi Dehnavi, M. (2019). Enhancing the quality and yield of European borage (*Borago officinalis*) by simultaneous application of granulated compost, vermicompost and mycorrhiza. *International Journal of Horticultural Science and Technology 6*(2): 283-298. https://doi.org/10.22059/ijhst.2019.274604.281.

55- Sinha, R.K., Valani, D., Chauhan, K., & Agarwal, S. (2010). Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: reviving the dreams of Sir Charles Darwin. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development 2*(7): 113-128. http://www.academicjournals.org/jabsd.

56- Sirousmehr, A., Arabi, J., & Asgharipour, M.R. (2014). Effect of drought stress levels and organic manures on yield, essential oil content and some morphological characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum*). *Advances in Environmental Biology 8*(4): 880-885.

57- Suthar, S. (2009). Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allium sativum*) field crop. *International Journal Plant Production 3*(1): 27-38.

58- Thankamani, C.K., Sivaraman, K., & Kandiannan, K. (1996). Response of clove (*Syzygium aromaticum* L.) Merr. & Perry) seedlings and black pepper (*Piper nigrum* L.) cuttings to propagating media under nursery conditions. *Journal Spices Aromat Crops 5*(2): 99-104.

59- van Groenigen, J.W., Lubbers, I.M., Vos, H.M.J., Brown, G.G., Deyn, G.B.D ., & van Groenigen, K.J. (2014). Earthworms increase plant production: ameta-analysis. *National Center for Biotechnology Information* 4: 6365. https://doi.org/10.1038%2Fsrep06365.

60- Verma, S., Choudhary, M.R., Yadav, B.L., & Jakhar, M.L. (2013). Influence of vermicompost and sulphur on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.) under semi-arid climate. *Journal Spice Aroma Crops 22*(1): 20-23.

61- Verza, S.G., Kreinecker, M.T., Reis, V., Henriques, A.T., & Ortega, G.G. (2007). Avaliação das variáveis analíticas do método de Folin-Ciocalteu para determinação do teor de taninos totais utilizando como modelo o extrato aquoso de folhas de *Psidium guajava* L. *Quím 30*(4): 815-820. (In Portuguese)

62- Yousefzadeh, S. (2018). The effect of application of vermicompost levels and nitrogen on some of agro-morphological traits, photosynthetic pigments and essential oil content of Hyssop (*Hyssopus oficinalis* L.). *Electronic Journal of Crop Production 11*(3): 131-137. (In Persian) https://dx.doi.org/10.22069/ejcp.2019.13639.2047.